



**Universidade de Brasília - UnB**  
**Faculdade UnB Gama - FGA**

Autores: <sup>4</sup>Argemiro de O. Gomes, <sup>4</sup>Eduardo J. R. e S. Sampaio, <sup>4</sup>Jéssica M. Mendes, <sup>2</sup>Leandro F. L. de Vasconcelos, <sup>1</sup>Luan H. dos S. Oliveira, <sup>2</sup>Lukas C. B. Silva, <sup>3</sup>Maurício B. Wolney, <sup>5</sup>Maxwell A. Santos, <sup>4</sup>Níkolas H. N. Costa, <sup>5</sup>Thaiane F. Braga, <sup>5</sup>Tomáz F. R. Martins, <sup>3</sup>Vinícius G. Hass, <sup>4</sup>Vinicius Siqueira

## ***Clean Pool Robot:* Robô Limpador de Piscinas**

Engenharias: <sup>1</sup>Aeroespacial, <sup>2</sup>Automotiva, <sup>3</sup>Eletrônica, <sup>4</sup>Energia,  
<sup>5</sup>Software

Brasília, DF

2016





<sup>4</sup>Argemiro de O. Gomes, <sup>4</sup>Eduardo J. R. e S. Sampaio, <sup>4</sup>Jéssica M. Mendes,  
<sup>2</sup>Leandro F. L. de Vasconcelos, <sup>1</sup>Luan H. dos S. Oliveira, <sup>2</sup>Lukas C. B. Silva,  
<sup>3</sup>Maurício B. Wolney, <sup>5</sup>Maxwell A. Santos, <sup>4</sup>Níkolas H. N. Costa, <sup>5</sup>Thaiane F.  
Braga, <sup>5</sup>Tomáz F. R. Martins, <sup>3</sup>Vinícius G. Hass, <sup>4</sup>Vinicius Siqueira

***Clean Pool Robot:***  
**Robô Limpador de Piscinas**

Relatório submetido como requisito parcial  
para aprovação na disciplina Projeto Integra-  
dor 2, na FGA, Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Brasília, DF

2016

# Listas de ilustrações

Figura 1 – Primeiro croqui do <i>Clean Pool Robot</i> (Autoria do Autor).	11
Figura 2 – <i>Design</i> , projetado no CATIA, do <i>Clean Pool Robot</i> (Autoria do Autor).	11
Figura 3 – <i>Design</i> , versão 3, do <i>Clean Pool Robot</i> (Autoria do Autor).	12
Figura 4 – Espessura de fio para sistemas em corrente contínua.	13
Figura 5 – Fonte de alimentação chaveada.	13
Figura 6 – Rodas utilizadas para a locomoção do robô e posicionamento na base da estrutura - modelo 01	14
Figura 7 – Rodas de plástico finais do robô.	14
Figura 8 – Duto de propulsão do CPR.	15
Figura 9 – Rolo de fibra de vinil.	16
Figura 10 – Bomba já instalada no <i>Clean Pool Robot</i> .	18
Figura 11 – <i>Raspberry pi 2 b.</i>	19
Figura 12 – Esquemático eletrônica/ <i>software</i> .	20
Figura 13 – Arquitetura de <i>software</i> .	21
Figura 14 – Visão estendida das camadas da arquitetura do <i>software</i> .	22
Figura 15 – Arduino Uno.	26
Figura 16 – Rele de quatro módulos modelo SRD-05VDC-SL-C.	31
Figura 17 – Servo-motor e motor	32
Figura 18 – Diagrama do Circuito de Controle.	34
Figura 19 – Circuito de Controle.	35
Figura 20 – Teste realizado no CPR-00	37
Figura 21 – Percurso para o teste	38
Figura 22 – Modelo CPR-02	39
Figura 23 – Modelo CPR-03	40
Figura 24 – CPR-03 em funcionamento	40

# **Lista de tabelas**

Tabela 1 – Especificações Técnicas . . . . .	10
Tabela 2 – Especificações Técnicas dos Motores . . . . .	17
Tabela 3 – Servos e suas Características . . . . .	33



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>8</b>
1.2.1	Objetivo Geral	8
1.2.2	Objetivos Específicos	8
<b>2</b>	<b>CLEAN POOL ROBOT</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Visão Geral</b>	<b>9</b>
2.1.1	Restrições	9
2.1.2	Especificações Técnicas	10
<b>2.2</b>	<b>Sistemas</b>	<b>10</b>
2.2.1	Sistemas Estruturais	10
2.2.1.1	<i>Design</i>	10
2.2.1.2	Sistema de Alimentação Elétrica	12
2.2.1.3	Sistema de Locomoção	14
2.2.1.4	Sistema de Limpeza	15
2.2.1.5	Sistema de Vedação	18
2.2.2	Sistemas Lógicos	19
2.2.2.1	Central de Processamento	19
2.2.2.2	Controle de Tensão	30
2.2.2.3	Sistema de Sensoriamento	31
2.2.2.4	Sistema de Rotação do Robô	32
2.2.2.5	Circuito	33
<b>3</b>	<b>RESULTADOS DE INTEGRAÇÃO</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Integração</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>41</b>
	<b>Referências</b>	<b>43</b>



# 1 Introdução

Neste capítulo, serão descritos o contexto no qual se insere o trabalho e os objetivos deste trabalho.

## 1.1 Contextualização

O Brasil é o segundo colocado no ranking mundial de países com maior número de piscinas, com 1,8 milhão de unidades instaladas (sendo 80% particulares), atrás apenas dos Estados Unidos. O país fatura anualmente cerca de R\$ 4,2 bilhões com a construção e manutenção de piscinas ([PORTAL FATOR BRASIL, 2013](#)). Desta forma, atividades relacionadas ao uso da piscina estão cada vez mais requisitadas, entre elas a limpeza.

A limpeza do fundo da piscina é um processo que demanda tempo e esforço físico na sua realização. Uma pesquisa realizada em março de 2014 no Estado de São Paulo apontou que o valor médio mensal da mão de obra para limpeza de piscinas de até 60 m<sup>3</sup>, com equipamento exceto produtos para limpeza e manutenção, foi de R\$ 303,00. Um valor que se torna cada vez mais significativo se imaginarmos piscinas maiores ([DATAFOLHA, 2014](#)). Com isso, várias empresas vêm investindo no desenvolvimento de robôs que possam realizar aspiração de piscinas.

No Brasil existem basicamente 3 tipos de produtos que realizam a tarefa de limpeza: aspiradores manuais que são os mais comuns no mercado, aspiradores robóticos, totalmente automatizados porém com alto custo, e aspiradores autônomos porém pouco eficazes ([MIURA; JUNIOR, 2006](#)).

Considerando o alto custo de aquisição de equipamentos modernos, internacionais e a grande demanda por serviços de higienização de piscinas, e o fato de que no Brasil não há empresas que desenvolvam este produto (há apenas revendedoras), o desenvolvimento do *Clean Pool Robot* (CPR) permitirá a aplicação do conceito de automação a ambientes residenciais e a redução dos gastos com a contratação de um serviço terceirizado. As principais vantagens na utilização do *Clean Pool Robot* são:

- Retirar detritos do fundo da piscina que não foram alcançados por outros meios;
- Mover a água ao passo que limpa as superfícies, melhorando a sua circulação;
- Produzir um produto nacional que possui valor de mercado mais acessível.

## 1.2 Objetivos

Esse trabalho visou alcançar os objetivos, Geral e Específicos, apresentados a seguir.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Construir um robô capaz de realizar a remoção de sujeiras depositadas no fundo de piscinas por meio da aspiração e filtragem. Entende-se como sujeira a ser removida folhas, algas, grãos de terra e gravetos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar aspiração automática dos resíduos decantados por meio da sucção e filtragem;
- Submergir de forma independente;
- Movimentar-se ao longo do fundo da piscina.

## 2 Clean Pool Robot

Consta, neste capítulo, uma visão geral sobre o produto final, o *Clean Pool Robot*. Em seguida apresenta-se as especificações técnicas do robô, bem como as suas restrições. Depois detalha-se os sistemas que compõem o *Clean Pool Robot*.

### 2.1 Visão Geral

O *Clean Pool Robot* é um equipamento robótico que visa auxiliar a limpeza de piscinas. O mecanismo de limpeza do robô é composto por dois métodos, o primeiro baseia-se em esfregar o chão para desprender as sujeiras do piso da piscina e o segundo a sucção das mesmas.

O primeiro método tem foco nos rolos de limpeza que estão situados na parte inferior frontal e traseira do robô. Os rolos de limpeza realizam movimentos giratórios fazendo com que suas cerdas entrem em contato com o chão retirando impurezas. Após esfregar, é realizado a sucção das impurezas desprendidas do piso da piscina, bem como outras impurezas que estiverem próximas à área de atuação do robô. Por meio de uma bomba, a água é sugada por uma abertura situada na parte inferior e passa por um filtro. As impurezas ficam retidas no sistema de filtragem. Os filtros da piscina devem ser trocados periodicamente para garantir o funcionamento ideal do *Clean Pool Robot*. O sistema de expulsão de água será responsável por direcionar o jato de água da saída da bomba de forma a auxiliar na movimentação do robô.

O *Clean Pool Robot* é de fácil manuseio pelo usuário. Inicialmente deve-se esticar o fio de alimentação do robô e inseri-lo de forma inclinada na superfície da piscina para auxiliar no processo de descida do robô. Recomenda-se também que o robô seja lançado na piscina no meio da largura maior, evitando que o fio fique totalmente esticado quando o robô estiver na quina oposta do lançamento. É estritamente proibido o funcionamento do robô junto a pessoas dentro da piscina. Quando o CPR estiver no fundo da piscina, ligar o fio externo na tomada e aguardar a completa limpeza da piscina. Ao final do processo, o usuário deve desligar o CPR da tomada e retirar o robô da piscina, puxando pelo cabo. Limpar os filtros do robô e guardar fora d'água para a próxima limpeza. Caso o usuário não esteja satisfeito com o nível de limpeza, é sugerido a repetição do mesmo processo.

#### 2.1.1 Restrições

O produto desenvolvido é responsável apenas pela retirada da sujeira decantada no fundo da piscina. Além disso, o *Clean Pool Robot*, primeira versão, possui as seguintes

restrições quanto ao tipo de piscina:

- Formato retangular;
- A junção entre as paredes e o fundo da piscina devem formar um ângulo de 90 graus;
- Superfície sem inclinações ou degraus;
- Profundidade máxima de dois metros;
- Área máxima de 25 x 20 metros (piscinas semiolímpicas).

### 2.1.2 Especificações Técnicas

Tabela 1 – Especificações Técnicas

<b>Dimensões</b>	490 mm x 300 mm		
<b>Material</b>	Polipropileno e Aço		
<b>Velocidade do Robô</b>	0,15 m/s - 0,38 m/s		
<b>Sensor de Distância</b>	HC-SR04	<b>Rodas</b>	Plástico - 360°
<b>Servo - Rodas</b>	Micro servo 9g SG90 Tower Pro	<b>Fonte Chaveada</b>	220 Vca - 12 Vca
<b>Servo - Bomba</b>	SM-S4306R	<b>Filtros</b>	Poly Flow
<b>Rolo de Limpeza</b>	Material : Vinil Dimensões: comprimento-300mm diâmetro out-60mm diâmetro in-30mm massa-450g	<b>Bomba</b>	BILGE - 1800 GPH Peso: 3 kg Tensão: 12 V DC Corrente: 3,3 A Formato: Cilíndrico Operação:até 3,7m
<b>Motores - Escovas</b>	AK080/16.5ML12S6800S		
<b>Raspberry Pi</b>	Raspberry Pi 2	<b>Arduino</b>	Arduino Uno

## 2.2 Sistemas

### 2.2.1 Sistemas Estruturais

A parte estrutural do projeto foi dividida nas seguintes áreas: *design*, sistema de alimentação elétrica, sistema de locomoção, sistema de limpeza e sistema de vedação. Cada uma dessas áreas são descritas a seguir.

#### 2.2.1.1 *Design*

O *design* do CPR sofreu várias alterações ao longo da execução do projeto. Inicialmente o projeto foi idealizado e projetado em um *sketch* a mão livre, onde apresentava um

duto superior estilo chaminé com quatro saídas, além de escovas nas partes internas da estrutura. A figura abaixo apresenta o primeiro modelo de robô idealizado. Após conversas entre a equipe e os professores, o projeto foi alterado para uma estrutura com escovas localizadas mais nas laterais do robô, para minimizar o efeito do choque da estrutura com as paredes da piscina. Também sofreu alteração o *design* do duto superior, que passou a ter um formato curvo e único de saída do jato d'água. As Figuras 1 e 2 mostram o CPR em seu primeiro croqui e uma outra versão, projetada no *software* CATIA.

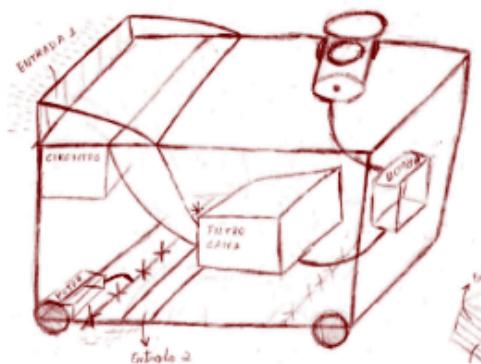


Figura 1 – Primeiro croqui do *Clean Pool Robot*(Autoria do Autor).

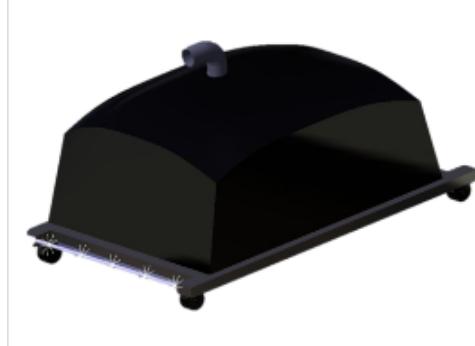


Figura 2 – *Design*, projetado no CATIA, do *Clean Pool Robot*(Autoria do Autor).

Por motivo de resistência ao movimento o formato do robô foi modificado para melhor aproveitamento das forças hidrodinâmica envolvidas, as alterações no desenho inicial foram feitas com a intenção de diminuir a força de arrasto, a estrutura conta agora com cantos e arestas arredondadas conforme as Figuras 1 e 2.

Na fase de montagem e integração dos sistemas que compõem o robô, percebeu-se que o *design* programado era inviável de ser produzido com os recursos desse projeto. Dessa forma, houve alterações nesta estrutura, a fim de viabilizar a montagem e funcionamento. Assim, a versão 3 do *design* do robô é apresentada an Figura 3, onde a superfície externa é retangular, com base do mesmo tamanho da estrutura e com as rodas posicionadas na parte interna, sem pontas sobressalidas como no modelo anterior.



Figura 3 – *Design*, versão 3, do *Clean Pool Robot*(Autoria do Autor).

#### 2.2.1.2 Sistema de Alimentação Elétrica

O sistema de alimentação elétrica é o ponto de convergência de todos os circuitos, pois a partir dele todos os equipamentos descritos nos demais sistemas poderão realizar suas funcionalidades. Esse sistema é composto por uma alimentação externa, ligada a uma fonte chaveada que, por sua vez, fará a alimentação na tensão correta de cada equipamento.

A alimentação externa do *Clean Pool Robot* é feita por meio de um cabo de energia dimensionado de forma a suprir a potência elétrica dos equipamentos embarcados no sistema, além de garantir que o robô percorra, sem limitação de distância, toda a extensão da piscina. O CPR será alimentado por uma tomada com tensão de 220 V (padrão Brasília), entretanto, os equipamentos internos são alimentados em diferentes tensões, fazendo com que seja necessário o uso de uma fonte chaveada para a redução da tensão de alimentação de cada equipamento.

Para o dimensionamento do comprimento do cabo foi calculado uma distância média da tomada até a borda da piscina, somado ao maior comprimento possível para deslocamento do robô, assim o cabo terá idealmente 30 m. No entanto, na execução do protótipo, devido ao limitado recurso financeiro, foram utilizados 4 m de cabo, o suficiente para execução dos testes e prova de conceito com o protótipo, quando usado com uma extensão.

A bitola do cabo de energia foi dimensionada de acordo com a potência consumida pelo CPR. Para o robô de piscina deste projeto, a potência total máxima fornecida ao robô é de 120 W, e a corrente máxima que é fornecida pela fonte ao fio é de 10 A, em corrente contínua. Assim, utilizando a tabela abaixo temos que a bitola ideal para o fio é

de 2,5 mm<sup>2</sup>, para o sistema CC, desde que tenha no máximo 5 m de comprimento.

TABELA DE ESPESSURA DE FIO PARA SISTEMA SOLAR A 12 Vdc											
Bitola mm <sup>2</sup>	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Ampéres	Distância em metros										
1	32	51	81	130	205	325	517	652	822	1308	1650
2	16	26	40	64	102	163	259	326	411	654	825
4	8	13	20	33	51	81	129	163	205	327	412
6	5	8	14	22	34	54	86	109	137	218	275
8	4	6	10	16	26	41	65	82	103	164	206
10	3	5	8	13	20	33	52	65	82	131	165
15	2	3	5	8	14	22	34	43	55	87	110
20	-	2	4	6	10	16	26	33	41	65	83
25	-	-	3	5	8	13	21	26	33	52	66
30	-	-	2	4	7	11	17	22	27	44	55
35	-	-	-	3	6	9	15	19	23	37	47
40	-	-	-	-	5	8	13	16	20	33	41
45	-	-	-	-	4	7	11	14	18	29	37
50	-	-	-	-	3	6	10	13	17	26	33

Figura 4 – Espessura de fio para sistemas em corrente contínua.

Para alimentação interna do robô, que deve ser feita em duas tensões diferentes, foi escolhido o uso de uma fonte chaveada (*switched-mode power supply*) devido as características de baixo volume, peso e maior eficiência em comparação às fontes de alimentação convencionais. Os parâmetros elétricos da fonte escolhida são: 110/220 Volts AC para 12 Volts e 10 Ampéres DC.



Figura 5 – Fonte de alimentação chaveada.

Como o equipamento elétrico estará funcionando em meio aquoso, é necessário o uso de elementos de proteção. No CPR foi acoplado um disjuntor e um regulador de tensão. O disjuntor utilizado é um termomagnético com corrente máxima de 15 A. O mesmo foi escolhido com a finalidade somente de proteção do circuito, já que o equipamento não deve ser acionado na piscina ao mesmo tempo em que o usuário estiver na piscina.

### 2.2.1.3 Sistema de Locomoção

O sistema de locomoção do CPR é formado pelo conjunto das rodas, duto de propulsão, bomba e motores. A bomba e o motor são equipamentos comuns também aos sistemas de limpeza e automação, respectivamente. Entretanto, serão apresentados no sistema de limpeza, ainda que sejam parte integrante dos demais.

Para a locomoção do equipamento, o robô contará com um conjunto de quatro rodas com liberdade de 360 graus, localizadas nas extremidades do aparelho, além de duas rodas na parte central do CPR. O primeiro modelo de rodas escolhidas para o robô eram de metal, pela facilidade de oxidação das mesmas, elas foram substituídas por rodas de plástico. As quatro primeiras rodas de locomoção que se encontram nas extremidades do CPR são apresentadas na Figura 6. Essas rodas direcionam o seu movimento de acordo com a direção do jato de água, oriundo do bocal. Já as duas rodas centrais possuem a função de direcionar o movimento do robô, de forma a percorrer um caminho orientado.



Figura 6 – Rodas utilizadas para a locomoção do robô e posicionamento na base da estrutura - modelo 01

A Figura ?? mostra os modelos de rodas utilizadas, além da sua fixação na base do robô, após a troca das rodas de metal por rodas de plástico.



Figura 7 – Rodas de plástico finais do robô.

A água que é ejetada do sistema de filtragem é devolvida para a piscina, auxiliando assim a limpeza geral de todo o volume em que o robô esta submerso. A água filtrada é direcionada para uma saída que se localiza na parte superior do produto. O duto de saída é um bocal direcionável localizado na parte superior do robô responsável por sua locomoção. Esse bocal se move nas 4 direções principais, isto é, nos ângulos de 0, 90, 180 e 270 graus, proporcionando ao robô a locomoção necessária para o cumprimento da rota de limpeza.

O duto de propulsão tem o diâmetro de 1" (25,4mm) e foi construído de forma que a água mude de direção sem que haja vazamentos e que o servo responsável pela rotação não entre em contato com a água. Para isso, foi utilizado um servo motor e duas engrenagens, como ilustrado na imagem abaixo. O controle do duto ocorre por meio de um algoritmo que verifica constantemente o sinal identificado pelo sensor de distância enquanto o robô está se movimentando. Ao identificar uma parede, é desligado a bomba e aciona-se o servo motor resultando no giro das engrenagens e, consequentemente, no giro do duto. Após o término desse giro, a bomba novamente é acionada, possibilitando o movimento com a nova orientação do jato d'água.



Figura 8 – Duto de propulsão do CPR.

#### 2.2.1.4 Sistema de Limpeza

O sistema de limpeza é responsável por operações de filtragem e escovação de detritos, dessa forma os seguintes componentes compõem esse sistema: filtros, rolos de limpeza, motores e bomba. A partir das definições iniciais do projeto fez se necessário considerar o dimensionamento e os materiais necessários para construção desse sistema.

Para filtragem foi definido o uso de dois tipos de filtros: um de maior tamanho, denominado filtro secundário, que tem a função de realizar uma pré-filtragem retendo folhas, plásticos, cabelos, e outros objetos de maior tamanho, e outro filtro denominado filtro principal, que é responsável por retirar as impurezas menores da água. O filtro principal será um elemento filtrante na forma cilíndrica comumente utilizado na filtragem de caixas d'água, com temperatura de operação de 5 °C – 50 °C, vazão de 2.200 litros/hora, e com um grau de filtração de 50 micra (um grão de areia tem entre 200 a 500 micra).

A partir das especificações definidas no design do CPR, os rolos de limpeza estão localizados na parte frontal e traseira do robô, e tem duas funções: a principal que é auxiliar na remoção das impurezas do fundo da piscina, e a função secundária que é auxiliar na sustentação do robô. Para o processo principal, a remoção das pequenas partículas depositadas no fundo da piscina, o rolo irá deslizar sob a superfície, sem que seja produzido muito atrito, para que não altere a velocidade total do robô e não danifique a superfície. As especificações para construção dos rolos de limpeza foram definidas em função da estrutura do robô. Com as alterações na estrutura do robô, foram feitas adaptações nas escovas.

Definiu-se primeiramente utilizar rolos de limpeza de formato cilíndrico e de Nylon, afim de que a medida que as rodas do robô se movam, os rolos também possam acompanhar o movimento sem maiores problemas. Porém, a dificuldade em encontrar fabricantes e modelos em Brasília e devido também ao elevado custo decidiu-se pela fabricação dos rolos de limpeza. Para a fabricação usou-se um tubo 50 mm de PVC e um revestimento de polímero, a fibra de vinil. A utilização de um polímero possui várias vantagens, tais como: baixa densidade, alta resistência à corrosão, baixo custo de aquisição, coeficiente de atrito baixo e grande flexibilidade. O baixo custo e densidade foram os principais motivos para a realização desse ajuste.



Figura 9 – Rolo de fibra de vinil.

Para rotacionar os rolos de limpeza foram planejados utilizar dois motores elétricos. Para isso, a transmissão do torque se dará por engrenagens. Para a escolha dos motores foram utilizados 2 critérios: rotação dos rolos de limpeza e a massa das mesmas. O motor deverá ser capaz de rotacionar o eixo dos rolos entre 2000 e 3000 RPM e, considerando que elas têm massa igual a 250 g, ter torque suficiente para realizar o giro. A partir desses requisitos foi definido o modelo de motor a ser usado: Micromotor DC 12V 18200 RPM 390.40 Gf.cm que possui as especificações apresentadas na tabela abaixo. Embora o controle desses motores não tenham sido testados fora d'água, até o presente trabalho não houve teste deles na piscina.

Tabela 2 – Especificações Técnicas dos Motores

O Produto	Máximo Rendimento
Corrente: 1350,00 mA;	Rotação: 15700rpm;
Potência: 6,40 W;	Corrente: 6.8A;
Tensão Nominal: 12,00 V;	Torque 390 kgf.cm;
Tensão Operacional: 6V ~ 18V;	Potência: 6.4w;
Torque: 390,40 Kgf.cm;	Rendimento: 77.5%;
Velocidade: 18200 RPM;	Torque de Partida: 1.3kgf.cm.
Peso: 213g.	

A bomba participa dos sistemas de locomoção e limpeza. O processo de aspiração da piscina feito pelo robô é uma das principais tarefas executadas pela bomba de sucção, bem como o processo de movimentação do robô embaixo d'água. Para isso, foi importante definir uma bomba forte o suficiente para sugar e gerar movimentação por meio do fluxo de saída da bomba. A sucção é conectada diretamente ao reservatório onde acontece a filtragem da água. É importante ressaltar que as únicas funções da bomba neste projeto são filtrar e movimentar o robô através do empuxo gerado.

A análise do dimensionamento adequado para a bomba foi feita a partir de sua vazão nominal. Para isto, tem-se por especificações primárias bombas que ofereçam vazões altas e que trabalhem em uma profundidade máxima de 3 metros. A partir disso, parâmetros do projeto tais como dados de tempo, velocidade e força necessária para impulsão do robô foram essenciais para que se chegasse a escolha da bomba a ser utilizada. Por isso, o modelo escolhido foi uma bomba do tipo Bilge 1800 GPH - com Tensão de trabalho 12 V DC - Amperagem de 3,3, de formato cilíndrico alterável, e com uma área de operação entorno de até 3,7 metros.



Figura 10 – Bomba já instalada no *Clean Pool Robot*.

#### 2.2.1.5 Sistema de Vedação

O *Clean Pool Robot* possui diversos equipamentos eletrônicos em seu interior que não podem ter contato com água, portanto para o sistema de vedação utilizou-se produtos que podem realizar a vedação de objetos em água. A seguir apresentamos um descritivo dos principais.

A massa Epoxi Tubolit Mep 301 foi utilizada para vedação nas saídas da caixa de processamento e da carcaça do robô, sua ação anticorrosiva e de proteção contra impactos atuou como um isolante elétrico para o CPR. Como materiais de isolação complementares, utilizou-se cola quente, fitas adesivas e o Persilox, um produto adesivo que não retrai, e depois de curado, adquire alto poder de adesão e coesão, possuindo alta performance em propriedades mecânicas, resistente a intempéries, radiação UV e pode ser pintado.

Foram feitos alguns protótipos para o sistema de vedação. Inicialmente, iniciou-se a construção de uma caixa usando um plástico. Nas tentativas seguintes, utilizou-se recipientes plásticos com diferentes tamanhos para a acomodação dos dispositivos eletrônicos. Esses recipientes foram adaptados com furos e vedações para atingir o objetivo.

Nesses possíveis sistemas de vedação foram variados, além do tamanho do recipientes, os materiais que são utilizados nos locais em que poderiam ter entrada de água. No local onde é colocado a tampa, foi utilizado fitas veda rosca, o que foi suficiente para impedir a entrada de água. A maior dificuldade foi a vedação do orifício feito na tampa para a passagem dos fios, foram utilizados materiais como a cola quente e o Persilox,

que apresentaram vazamento. Por fim, utilizou-se a massa Epoxi Tubolit Mep 301, que conseguiu impedir a entrada da água.

Nos testes usando a segunda versão do protótipo, CPR-02, foi abandonado o plano de internalizar a caixa de vedação com os circuitos eletrônicos. Isso porque a bolha de ar desse recipiente impedia a submersão do robô. Para a versão CPR-03, o compartimento que mantém a central de processamento foi construído de forma a permanecer flutuando na superfície da água, enquanto conectado a estrutura do robô por meio de um cabo isolado com comprimento de 2,5 metros.

## 2.2.2 Sistemas Lógicos

### 2.2.2.1 Central de Processamento



Figura 11 – *Raspberry pi 2 b.*

Na seleção de uma unidade de processamento, o maior fator de seleção foi conseguir uma de forma rápida e com baixo custo, além de ter uma capacidade de processamento suficiente para solucionar os primeiros requisitos vistos da integração entre a área estrutural (sensores necessários para funcionamento e acionamento de motores e bombas) e a área de *software* (capacidade de programar em várias linguagens de programação e uso de APIs), e ter acesso a GPIO. Considerando esses fatos, utilizou-se uma *Raspberry Pi*, suas principais características podem ser vistas abaixo:

- CPU de quatro núcleos ARM Cortex-A7 com frequência de processamento de 900 MHz;
- 1GB de memória RAM;
- 40 pinos GPIO (*General Purpose Input/Output*);
- Porta Ethernet;

- Slot para Micro cartão SD;

Porém, por sua limitação de pinos GPIO e a necessidade de muitos pinos para analisar sinais analógicos, utilizou-se também Arduino, que vem com conversor A/D. Isso proporcionou a continuidade do trabalho de implementação que já vinha sendo feito sem muitas mudanças devido a alterações trazidas pela área eletrônica.

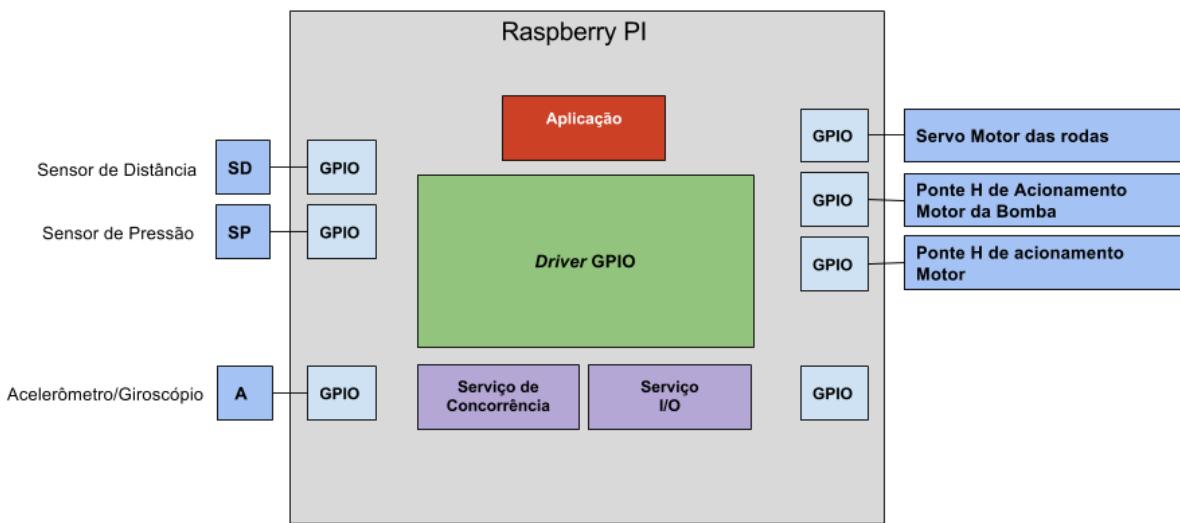


Figura 12 – Esquemático eletrônico/*software*.

A Figura 12 apresenta um esquemático da relação entre as áreas de eletrônica e *software*, por meio da *raspberry pi*. Os periféricos fornecem os dados que, por sua vez, serão passados ao driver por meio de dispositivo de *hardware* (GPIO). O *driver* é responsável por permitir a comunicação entre o *hardware* e o *software* que, na figura, é representado pelos serviços que deve fornecer ao sistema. Cada serviço trata os dados de entrada conforme a especificidade solicitada e, em seguida, retorna uma saída para um atuador, por meio do *driver*.

A *raspberry pi* recebe o código fonte que controla o robô. Esse código segue a estrutura definida pela arquitetura na Figura 13:

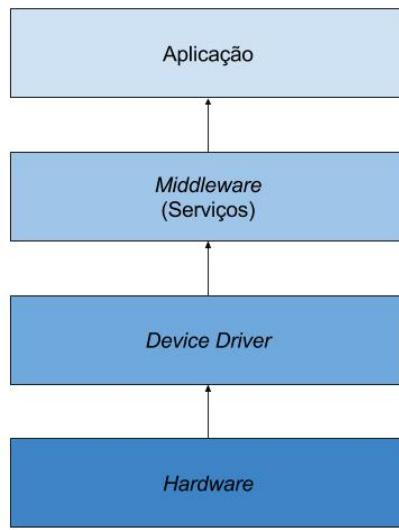


Figura 13 – Arquitetura de *software*.

O sistema segue uma arquitetura em camadas. A partir do *hardware* os dados serão capturados. O *driver* fará a ponte de comunicação entre o *hardware* e o *middleware*, permitindo que os dados possam ser trabalhados pela aplicação de negócios. A aplicação de negócios utilizará os serviços disponíveis pelo *middleware*, afim de tratar os dados recebidos e fornecer instruções ao robô.

*Middleware* é um *software* que conecta outros componentes de *software*. Uma camada de infraestrutura que viabiliza o desenvolvimento de aplicações voltadas ao negócio. Provê serviços que serão amplamente utilizados pela aplicação de negócios (ORACLE, 2016). O *middleware* fornecerá serviços base para o robô, como ativação dos motores, escova e uso dos sensores.

A Figura 14 detalha melhor a comunicação entre as camadas propostas da arquitetura, considerando-se os serviços a serem utilizados e as funcionalidades na camada da aplicação.

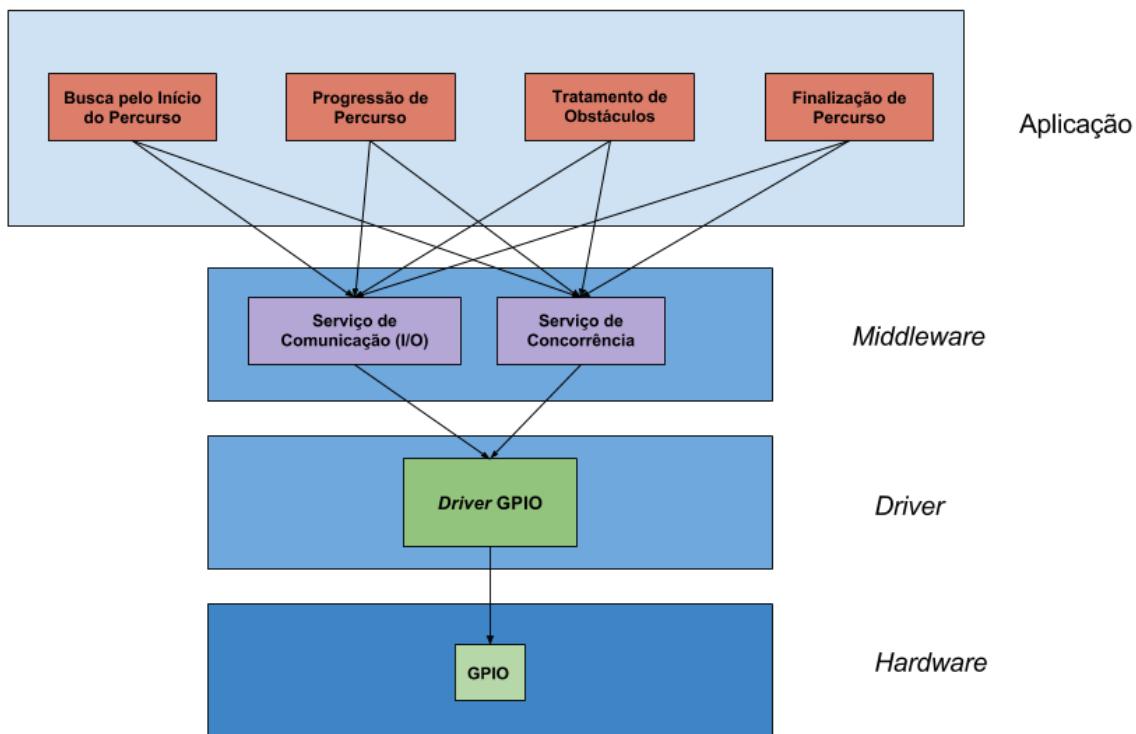


Figura 14 – Visão estendida das camadas da arquitetura do *software*.

A camada de serviço é a camada que faz a integração entre os componentes de *hardware* e os de software. Há dois serviços disponíveis no CPR: o serviço de comunicação (I/O) e o serviço de concorrência.

Esse serviço tem por propósito fazer a ponte de comunicação entre o driver e a aplicação. Dessa forma, a camada de serviço, por meio do serviço de I/O, deixa invisível para a camada de aplicação como se dá o processo de comunicação com as camadas mais baixas. Isso permite melhor entendimento do código, bem como a possibilidade de refatoração mais simples, na medida em que há um desacoplamento entre as duas partes, comunicação e aplicação. Assim, uma alteração na camada de serviço não terá impacto na camada superior, de serviço, pois a interface entre as duas se manterá. As mudanças internas à camada não interferem no funcionamento de outra.

#### Código 2.1 – Camada de Serviço

```

1 #!/usr/bin/env python -u
2 import pinout as pin
3 import time
4 import serial
5 import RPi.GPIO as GPIO
6 import time
7 #Configura a serial e a velocidade de transmissão
8 pwm=GPIO.PWM(pin.SERVO_WHEELS ,50)

```

```
9 pwm.start(5)
10
11 pwm_dute = GPIO.PWM(pin.SERVO_PUMP, 50)
12 pwm_dute.start(5)
13
14 def start_arduino():
15     arduino_communication = serial.Serial("/dev/ttyAMA0", 115200)
16     return arduino_communication
17
18 def read_arduino(arduino_communication):
19     #print "esperando resposta"
20     response = arduino_communication.read()
21     print response
22     return response
23
24 def write_arduino(arduino_communication, line):
25     arduino_communication.write(line)
26     return
27
28 def activate_pump(arduino_communication):
29     write_arduino(arduino_communication, 'G')
30     time.sleep(0.1)
31     #read_arduino(arduino_communication)
32     return True
33
34 def deactive_pump(arduino_communication):
35     write_arduino(arduino_communication, 'H')
36     time.sleep(3)
37     #read_arduino(arduino_communication)
38     return False
39
40 def activate_brush():
41     GPIO.output(pin.BRUSH, GPIO.HIGH)
42     return True
43
44 def deactive_brush():
45     GPIO.output(pin.BRUSH, GPIO.LOW)
46     return False
47
48 def turn_servos_wheels(angle):
49     duty = float(angle)/20 + 2.5
50     pwm.ChangeDutyCycle(duty)
```

```
51     time.sleep(0.8)
52     return
53
54 def turn_servo_pump(angle, direction):
55     if (direction == 1):
56         if angle == 0:
57             teste = 0
58         elif (angle == 90):
59             pwm_dute.ChangeDutyCycle(50)
60             time.sleep(1.71)
61         elif angle == 180:
62             pwm_dute.ChangeDutyCycle(50)
63             time.sleep(0.74)
64         elif angle == 270:
65             pwm_dute.ChangeDutyCycle(50)
66             time.sleep(1.1)
67         else:
68             pwm_dute.ChangeDutyCycle(50)
69             time.sleep(6.5)
70     else:
71         if angle == 0:
72             pwm_dute.ChangeDutyCycle(2.5)
73             time.sleep(0)
74         elif angle == 90:
75             pwm_dute.ChangeDutyCycle(2.5)
76             time.sleep(0.24)
77         elif angle == 180:
78             pwm_dute.ChangeDutyCycle(2.5)
79             time.sleep(0.54)
80         elif angle == 270:
81             pwm_dute.ChangeDutyCycle(2.5)
82             time.sleep(0.905)
83     else:
84         pwm_dute.ChangeDutyCycle(2.5)
85         time.sleep(1.2)
86
87     pwm_dute.ChangeDutyCycle(100)
88     return
```

O serviço de concorrência tem por objetivo abstrair da aplicação questões relacionadas a tarefas que fazem uso do processamento ou de um canal ao mesmo tempo. Isso será comum nas tarefas relativas aos sensores, que devem estar aptos a exercerem suas

funções o máximo de tempo possível. Assim, o serviço de concorrência fica responsável por permitir que eles atuem nesses termos, sem que um interfira nas atividades do outro.

Código 2.2 – Camada de Concorrência

```
1 #!/usr/bin/env python -u
2 import thread
3 import communication as com
4 import time
5 semaphore = thread.allocate_lock()
6 def request_distance(queue, arduino_communication, request_type):
7     while True:
8         semaphore.acquire()
9         distance = 0
10        com.write_arduino(arduino_communication, request_type)
11        time.sleep(0.1)
12        distance = com.read_arduino(arduino_communication)
13        queue.put(distance)
14        time.sleep(0.1)
15        semaphore.release()
16    return distance
17
18 def request_pressure(queue, arduino_communication, request_type):
19    while True:
20        semaphore.acquire()
21        #print "Requisitando pressao - " + request_type
22        com.write_arduino(arduino_communication, request_type)
23        time.sleep(0.05)
24        pressure = com.read_arduino(arduino_communication)
25        queue.put(pressure)
26        semaphore.release()
27    return
```



Figura 15 – Arduino Uno.

O Arduino Uno foi escolhido, a princípio, para facilitar o tratamento do sensor de pressão MPX-4250, que possui saída analógica. Trabalhar com conversão A/D na *Raspberry pi* requer o uso demasiado de pinos (no mínimo 9 pinos para controlar dois sensores, utilizando-se de multiplexadores). Uma vez que o Arduino Uno foi incluído no sistema, delegou-se a ele também o trabalho de controlar os sensores de distância HC-SR04, visto que estes são módulos desenvolvidos para funcionar no Arduino. Porém, por não funcionar de forma ideal na água, os sensores de distância ultrassônicos foram substituídos por sensores infravermelho E18-D0NK. Ele retorna um nível lógico baixo quando encontra um obstáculo.

Mesmo com o sensor de pressão funcionado e com todas suas implementações prontas, para limitar o número de variáveis a serem analisadas nos testes do protótipo desenvolvido neste relatório, ele não foi testado na fase final de integração. Mas, para a sua incorporação no sistema, é necessário apenas a inclusão de sua rotina dentro do programa principal, e fazer os ajustes finais dele incorporado com todo o robô.

Como alguns dos componentes de *hardware* responsáveis pela coleta de dados estão vinculados ao Arduino, foi necessário o desenvolvimento de protocolo de comunicação entre a *Raspberry pi* e o Arduino. A Código abaixo apresenta o código desenvolvido para o Arduino, com o intuito de receber solicitações da *raspberry pi* e retornar com a informação requerida.

#### Código 2.3 – Código Arduino

```

1 #define REAR_DISTANCE_SENSOR 4
2 #define LEFT_DISTANCE_SENSOR 7
3 #define RIGHT_DISTANCE_SENSOR 12
4 #define FRONT_DISTANCE_SENSOR 13
  
```

```
5 #define INTERNAL_PRESSURE A1
6 #define EXTERNAL_PRESSURE A5
7 #define PUMP 8
8 #define BRUSH_FRONT 9
9 #define BRUSH_BACK 10
10
11 #define REQUEST_INTERNAL_PRESSURE 'A'
12 #define REQUEST_EXTERNAL_PRESSURE 'B'
13 #define REQUEST_FRONT_DISTANCE 'C'
14 #define REQUEST_REAR_DISTANCE 'D'
15 #define REQUEST_LEFT_DISTANCE 'E'
16 #define REQUEST_RIGHT_DISTANCE 'F'
17 #define MOTOR_PUMP_ON 'G'
18 #define MOTOR_PUMP_OFF 'H'
19 #define BRUSH_FRONT_ON 'I'
20 #define BRUSH_FRONT_OFF 'J'
21 #define BRUSH_BACK_ON 'K'
22 #define BRUSH_BACK_OFF 'L'
23
24 int output = 3;
25 int value;
26 byte data_rpi;
27 char data_request;
28
29 void setup()
30 {
31   Serial.begin(115200);
32   pinMode(3, OUTPUT);
33   pinMode(REAR_DISTANCE_SENSOR, INPUT);
34 }
35
36 void send_pressure(int pin)
37 {
38   float pressure = readPressure(pin);
39   float pressure_result;
40
41   if (pin == A1)
42   {
43     pressure_result = pressure;
44   } else
45   {
46     pressure_result = pressure + 20000;
```

```
47 }
48
49     delay(500);
50     Serial.println(pressure_result);
51 }
52
53 float readPressure(int pin)
54 {
55     int pressureValue = analogRead(pin);
56     float pressure=((pressureValue/1024.0)+0.04)/0.0000369; // 
57     // convertendo para pascal
58
59     return pressure;
60 }
61
62 void send_distance (int pin)
63 {
64     pinMode(pin,INPUT);
65     int state = digitalRead(pin);
66
67     if (state == HIGH)
68     {
69         Serial.println('N');
70     } else
71     {
72         Serial.println('S');
73     }
74 }
75
76 void write_uart( byte data )
77 {
78     Serial.println(data);
79 }
80
81 void turn_on_engine(int pin)
82 {
83     pinMode(pin,OUTPUT);
84     digitalWrite(pin,LOW);
85     Serial.println("Ligando bomba");
86 }
87
```

```
88 void turn_off_engine(int pin)
89 {
90     pinMode(pin, OUTPUT);
91     digitalWrite(pin, HIGH);
92     Serial.println("Desligando bomba");
93 }
94
95 void loop()
96 {
97     if(Serial.available())
98     {
99         data_request = Serial.read();
100
101     switch(data_request)
102     {
103         case REQUEST_INTERNAL_PRESSURE:
104             send_pressure(INTERNAL_PRESSURE);
105             break;
106
107         case REQUEST_EXTERNAL_PRESSURE:
108             send_pressure(EXTERNAL_PRESSURE);
109             break;
110
111         case REQUEST_FRONT_DISTANCE:
112             send_distance(FRONT_DISTANCE_SENSOR);
113             break;
114
115         case REQUEST_REAR_DISTANCE:
116             send_distance(REAR_DISTANCE_SENSOR);
117             break;
118
119         case REQUEST_LEFT_DISTANCE:
120             send_distance(LEFT_DISTANCE_SENSOR);
121             break;
122
123         case REQUEST_RIGHT_DISTANCE:
124             send_distance(RIGHT_DISTANCE_SENSOR);
125             break;
126
127         case MOTOR_PUMP_ON:
128             turn_on_engine(PUMP);
129             break;
```

```

130
131     case MOTOR_PUMP_OFF:
132         turn_off_engine(PUMP);
133         break;
134
135     case BRUSH_FRONT_ON:
136         turn_on_engine(BRUSH_FRONT);
137         break;
138
139     case BRUSH_FRONT_OFF:
140         turn_off_engine(BRUSH_FRONT);
141         break;
142
143     case BRUSH_BACK_ON:
144         turn_on_engine(BRUSH_BACK);
145         break;
146
147     case BRUSH_BACK_OFF:
148         turn_off_engine(BRUSH_BACK);
149         break;
150     }
151 }
152 }
```

### 2.2.2.2 Controle de Tensão

Tanto a *Raspberry pi* e o Arduino precisam ser alimentados com 5 volts e ter uma corrente limitada para não queimarem. Dessa forma, foi decidido usar reguladores de tensão L7805. Estes circuitos integrados são fáceis de serem adquiridos, além de baratos, e eles reduzem uma tensão de até 35Vcc. Portanto, para uma alimentação de 12Vcc esse CI funciona de forma adequada, além disso, ele disponibiliza uma corrente de saída igual a requerida pelo sistema, com um limite máximo de 1,5A. Para evitar ruídos na alimentação de tensão foram usados dois capacitores de acoplamento, como indicado no datasheet do regulador de tensão.

Para ter corrente suficiente para todo sistema foram construídos 3 módulos com o CI do regulador de tensão e os capacitores de acoplamento: um módulo seria para alimentar a *Raspberry pi*, e os sinais enviados pela GPIO da mesma; outro módulo seria para alimentar o Arduino e os sinais enviados pela GPIO do mesmo; e um último módulo para fazer a alimentação dos sensores e modulo dos relés, para garantir que nenhum sensor ou módulo fique sem alimentação, ou que alguma parte do circuito puxe mais que 1,5A.

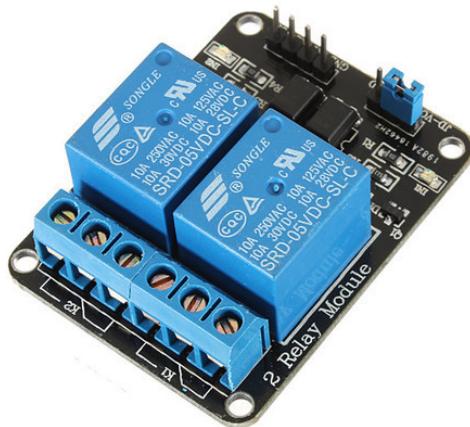


Figura 16 – Rele de quatro módulos modelo SRD-05VDC-SL-C.

Para acionar os sistemas de alta tensão (motores e bomba) com circuitos de baixa tensão (*Raspberry pi*) foram utilizados relés. Com baixas tensões, ele induz um campo eletromagnético sobre uma bobina, o que faz com que o relé deixe passar a tensão que está na entrada comum para a saída do estado de circuito fechado. Caso não haja essa alimentação, o relé mantém-se em aberto, efetivamente funcionando como um interruptor. Como é desejado que em um dos estados o circuito acione o motor e no outro o motor não funcione, foi projetado o circuito eletrônico para só acionar o motor em fechado. No estado aberto o motor está em circuito aberto, não sendo acionado. O modelo escolhido é acionado com tensão de 5Vcc, e os relés aguentam tensões de 250Vca ou 30Vcc, com corrente máxima de 10A.

#### 2.2.2.3 Sistema de Sensoriamento

São utilizados sensores de distância com o intuito de permitir ao robô a identificação do espaço entre ele e qualquer objeto à sua frente. Dessa forma, torna-se possível o percurso predeterminado do robô. Isso é importante para evitar colisões com as paredes da piscina e obstáculos a alturas que o sensor possa detectar. Inicialmente foi escolhido um sensor de distância ultrassônico, modelo HCSR04.

Entretanto, por causa da vedação, a onda sonora perdia uma grande quantidade de energia e não detectava as distâncias de baixo d'água de forma adequada, por isso o sensor de distância foi alterado para um sensor infravermelho E18-D0NK. Este módulo trabalha com um alcance ajustável entre 3 cm e 80 cm e transmite um sinal digital HIGH (sem obstáculo) ou LOW (com obstáculo) para o arduino, dependendo da proximidade do sensor com qualquer objeto opaco a sua frente e a distância regulada para o sensor. É portanto um sistema simples, porém robusto. O sistema de distância com foto-transistor é ideal para o projeto por permitir isolamento com uma camada de plástico transparente sem que haja interferência na detecção de qualquer obstáculo. Testes foram feitos com

o sensor submerso cerca de 10 cm e ele foi capaz de detectar a parede a uma distância mínima de 9 cm quando em baixo d'água.

O sensor de pressão proposto funciona com o princípio de materiais piezoeletricos, um líquido entra dentro da câmara e proporciona uma pressão nas paredes da câmara. Esta pressão gera uma diferença de potencial no material. Com essa diferença de potencial é possível, usando um conversor AD (Analógico/Digital), saber a pressão dentro da câmara. Esse sensor será utilizado para medir a pressão dentro da câmara onde se encontra a bomba de sucção, permitindo que a bomba só trabalhe dentro da pressão ideal de funcionamento. Caso algo entupa a entrada da sucção esse sensor detectará uma queda na pressão interna e, por *software*, o problema será tratado.

Como citado anteriormente esse módulo foi testado independente do conjunto total mostrando funcionamento, porém não foi incorporado nos testes finais do protótipo, por questões de limitação de variáveis para localização de erros.

#### 2.2.2.4 Sistema de Rotação do Robô

Foi definido pelo projeto que a propulsão do robô será gerada pela bomba de filtragem. O direcionamento consiste em dispor de um único cano capaz de rotacionar em 360 graus para se posicionar na direção desejada conforme o robô segue seu percurso.

Conforme o robô segue seu caminho, as rodas devem ser capazes de se manter em duas posições: horizontal e vertical. Para tanto, um sistema de servos com rotação de 180 graus foi escolhido, similar ao esquema de propulsão.

Servos motores são utilizados para rotacionar um eixo até uma posição desejada. Esses motores são normalmente motores de alto torque. Dois servos (Micro Servo 9g SG90 TowerPro) serão utilizados para rotacionar as rodas, o principal motivo de escolher esse modelo é ele ter torque suficiente para mover as mesmas e ter baixo custo, E para mover a saída de água da bomba foi escolhido um servo motor (SM-S4306R) com maior liberdade de rotação (360 graus) e uma maior torque.

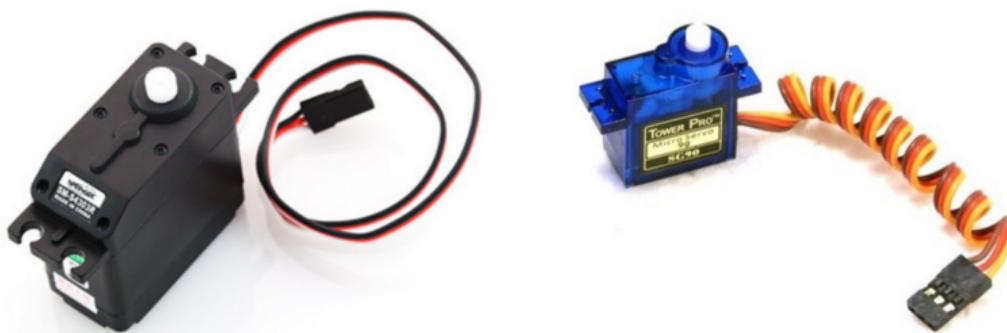


Figura 17 – Servo-motor e motor

Abaixo estão descrito as principais características dos servos escolhidos:

Tabela 3 – Servos e suas Características

Servos	SM-S4306R	Micro Servo 9g SG90 TowerPro
Tensão de Operação (V)	4,8V - 6,0V	3,0V - 7,2V
Velocidade	60RPM (4.8V) - 50RPM (6.0V)	0.12 seg/60 graus (4,8V) sem carga
Torque Máximo	5,0 Kg*cm (4.8V) e 6.2 kg*cm(6.0V)	1,2 Kg*cm (4.8V) e 1.6 kg*cm(6.0V)

Foram feitos testes com os servos motores de modo que se pudesse validar o seu acionamento via software(através de rotinas já definidas na camada de serviço). Para o modelo Micro Servo 9g SG90, a validação de seu funcionamento prosseguiu sem muitos problemas o grau do seu giro era facilmente controlado via software. Entretanto, com o modelo SM-S4306R a equipe obteve bastante problemas nos ajustes de seu giro, de modo que foram necessárias a realização de ajustes finos via *software* para que seu giro fosse mais próximo do desejado.

#### 2.2.2.5 Circuito

Para a alimentação da *raspberry Pi 2* e do Arduino Uno, bem como todos os componentes alimentados em 5V (servo motores, sensores de distância, sensores de pressão e etc), a partir dos 12V oferecidos pela fonte, utilizaram-se reguladores de tensão L7805.

Conectados a *raspberry Pi 2* estão os servo motores SG90 e e S4306, pelos pinos 16 e 11 respectivamente. Para o controle dos motores dos rolos de limpeza e da bomba, utilizaram-se relés para fazer o chaveamento com a tensão de 12V da fonte.

A *raspberry Pi 2* e o Arduino Uno são conectados por porta serial TX e RX e se comunicam via UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Um divisor de tensão é usado para conectar o pino TX0 de 5V do Arduino ao pino RXD de 3.3V da Raspberry Pi 2.

No Arduino estão conectados os quatro sensores de distância SR04, em portas digitais, e os dois sensores de pressão MPX4250 nas portas analógicas A0 e A1.

A figura abaixo mostra o diagrama do circuito proposto:

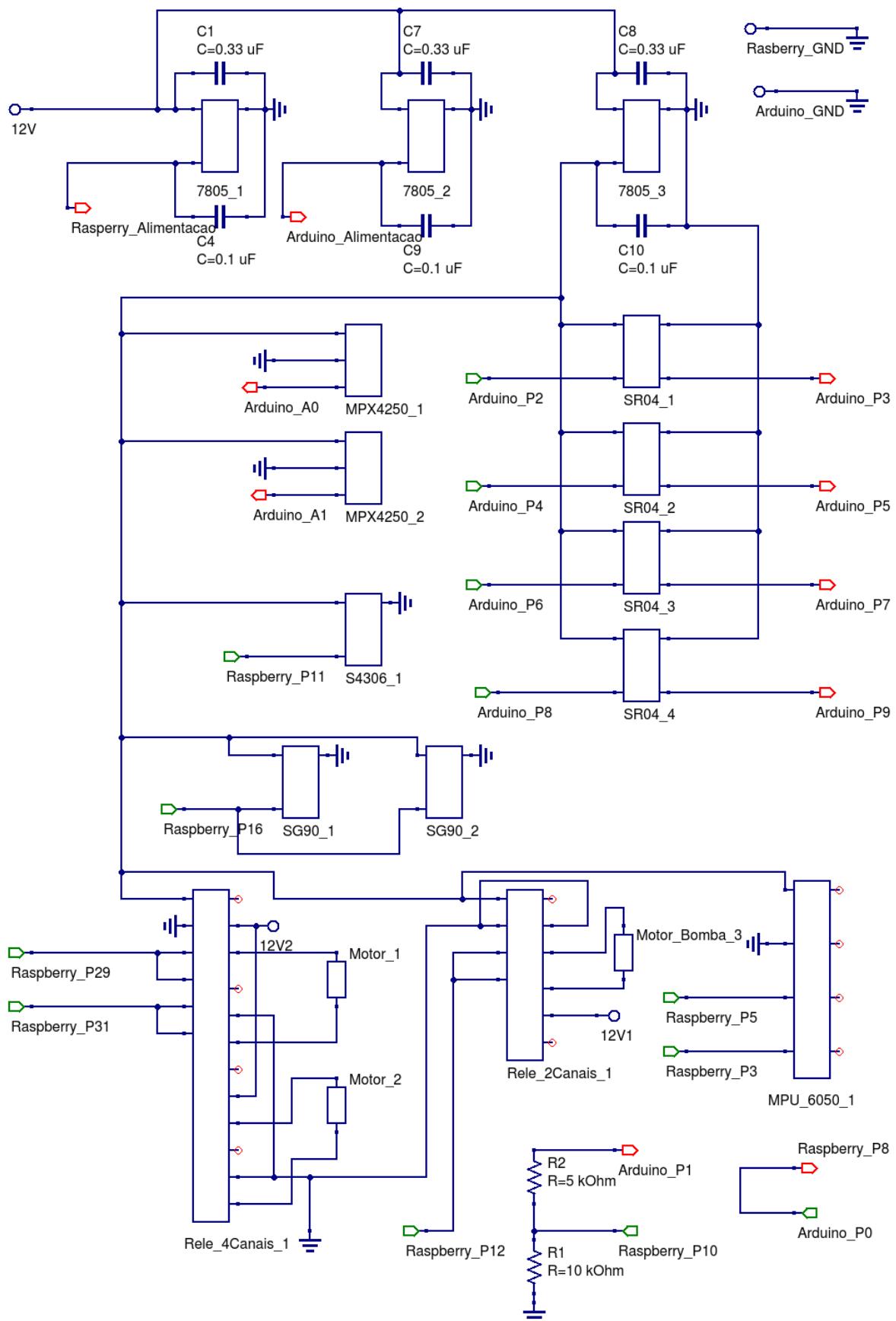


Figura 18 – Diagrama do Circuito de Controle.

Para ter uma maior organização foi pensando em ter um circuito impresso porém, com a necessidade de iniciar os testes e não estar decidido o sensor de distância, foi proposto fazer um circuito usando uma placa universal, onde seria possível incluir as conexões e soldas quando fosse decidido como seria detectado a distância.

Como pode ser visto na Figura 18, a placa tem os reguladores de tensão citados anteriormente; um divisor de tensão usando três resistências, onde ele reduz a tensão de 5V do Arduino para 3.3V para que a raspberry possa ler a comunicação sem ser sobrecarregada; vários pinos para conectar e desconectar fácil a *raspberry pi* e o Arduino do circuito, e conectar eles com sensores; e os fios que saem da caixa de circuito para a os sensores dentro do robô.

Foram realizados vários testes testando cada modulo da placa, para verificar o bom funcionamento de cada modulo separado, começando pelos reguladores de tensão que são a parte mais critica do circuito, já que uma falha neles causaria uma falha em todo o circuito. Nenhum módulo teve problemas nos testes, apesar que um pino quebrou e foi necessário refazer ele, mas após o conserto ter sido feito o pino funcionou como antes do teste.

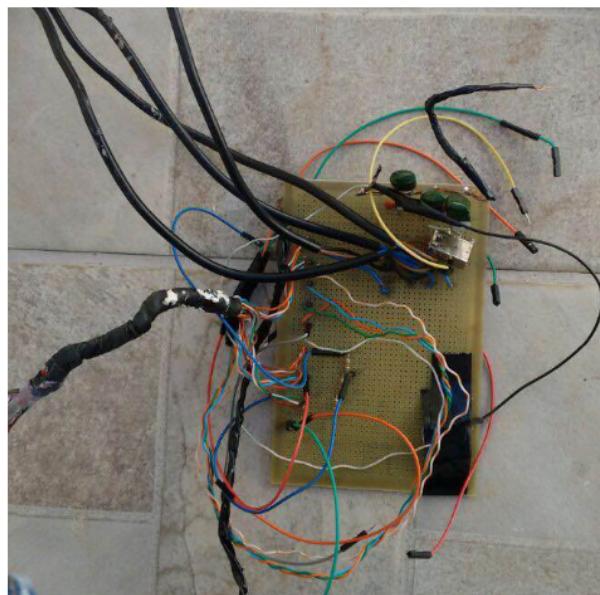


Figura 19 – Circuito de Controle.



# 3 Resultados de Integração

Neste capítulo são apresentados os testes feitos com o intuito de alcançar a integração entre os sistemas produzidos. Vale ressaltar que foram dispostos de forma cronológica, facilitando a visão evolutiva do projeto.

## 3.1 Integração

A primeira estrutura do robô, CPR-00, foi construída utilizando base de aço, cortada com uma esmerilhadeira nos moldes do design inicial e, em seguida, fixou-se as quatro rodas de locomoção laterais. Com a base pronta, realizou-se o primeiro teste, que foi a inserção da bomba na base para verificação da locomoção somente com propulsão da bomba d'água. Após a avaliação do primeiro teste, ficou evidenciado que a propulsão era eficiente, porém a utilização do material usado na base do robô sofreu corrosões devido ao contato do aço com o cloro da piscina. Com a finalidade de corrigir este problema, foi repensado a forma da base e o possível material a ser utilizado na nova fabricação da base do robô. Em paralelo, na parte de controle do robô foram realizados diversos testes na comunicação da *raspberry pi* e Arduíno, bem como testes usando os componentes eletrônicos pela camada de serviço: servos motores do duto e rodas, acionamento da bomba e leitura de dados do sensor de pressão. O CPR-00 foi apresentado no segundo ponto de controle da disciplina.

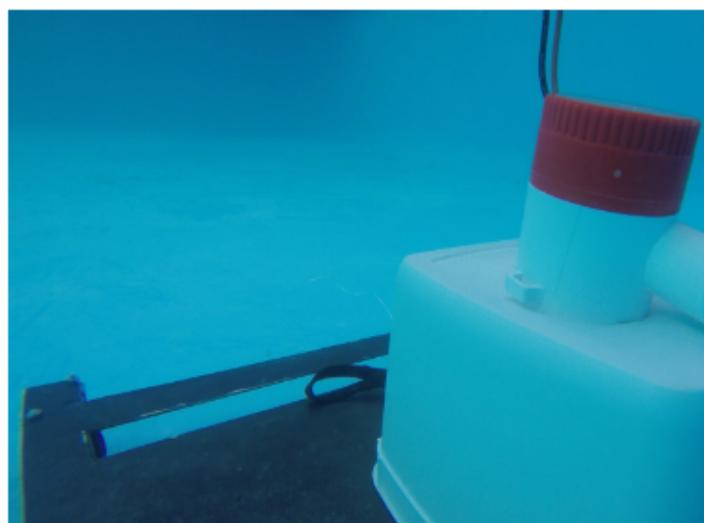


Figura 20 – Teste realizado no CPR-00

O material comprado para confecção da estrutura da segunda versão do robô, CPR-01, consumiu 10 dias para entrega. Enquanto isso, a equipe confeccionou o duto de saída

do jato, bem como as engrenagens para giro desse duto usando o servo. As escovas também foram ajustadas para a nova estrutura e, em paralelo, ocorreu os testes usando o sensor de distância, modelo HCSR04, isolado e imerso na água. Com esses testes, a equipe verificou que não seria possível utilizar esse modelo de sensor e, com isso, comprou-se e testou-se o modelo de sensor infravermelho E18-D0NK. Embora já houvesse uma implementação básica para percurso do robô cobrindo toda a área da piscina, utilizando máquina de estados, a camada de e a serviço implementada, foi realizada a implementação de um percurso simplificado de forma a auxiliar nos testes iniciais do protótipo. Nesse percurso simplificado, ocorre o acionamento da bomba d'água seguido da verificação constante do sensor de distância. Quando o sensor detecta algum obstáculo, a bomba é desligada e o servo motor do duto redireciona o jato d'água. Após esse momento, a bomba d'água é religada de forma a possibilitar a continuidade do movimento. A figura abaixo ilustra o percurso simplificado:

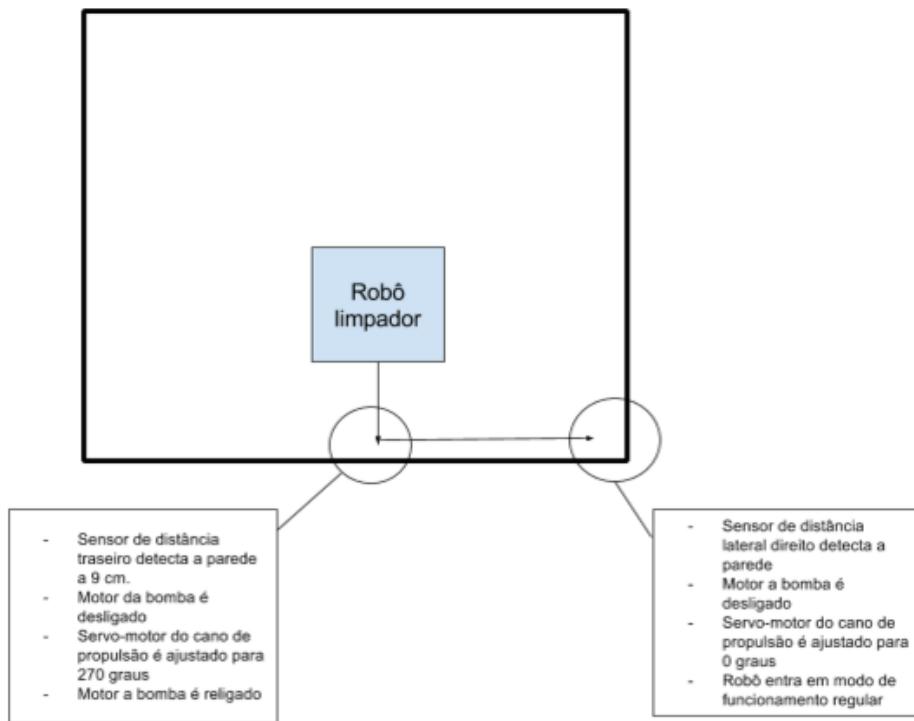


Figura 21 – Percurso para o teste

Com a chegada do material comprado, iniciou a confecção da estrutura do CPR-01. Entretanto, o material era divergente do esperado, já que no lugar da placa de plástico adquirida foi entregue uma placa de poliestireno. Ainda assim, houve a construção de uma estrutura, conforme projetado. A principal dificuldade nessa construção foi a colagem desse material. Para isso, utilizou-se diversas alternativas como cola quente, superbonder, cola de isopor, adesivo ecológico, entre outras alternativas. No teste do CPR-01, essa estrutura foi invalidada por dois motivos: a colagem não se mostrou resistente para suportar os demais componentes e, ainda mais importante, o material é menos denso que a água,

o que provoca a flutuação do robô.

Por fim, utilizou-se para a construção da nova carcaça uma adaptação de recipiente de plástico. Esta foi adaptada de acordo com o escopo definido, a fim de se realizar os testes do robô. O CPR-02 possui base e estrutura de plástico, rodas com liberdade de 360 graus, duto controlado pelo servo motor e dois filtros internos. Em paralelo nesta etapa, foi realizado o teste de vedação que teve como foco a utilização de uma cola repelente à umidade, porém o teste demonstrou que o isolamento não foi suficiente. Com isso, foi feito um novo teste utilizando, além da cola, também durepox para auxiliar na vedação.



Figura 22 – Modelo CPR-02

O CPR-02 de montagem foi aumentado do tamanho da carcaça definida no modelo anterior e adaptada de acordo com os tamanhos da caixa de vedação do circuito, bomba e filtros. Importante ressaltar que neste tópico foi mudado as rodas do robô para uma de plástico a fim de se evitar as possíveis corrosões já ocorridas no primeiro teste do sistema de locomoção. Juntamente com esse terceiro modelo, foi utilizado uma nova caixa para a colocação do circuito sendo esta adaptada somente a uma saída de fios e foi possível constatar que mais uma vez a vedação não foi suficiente, fazendo com que entrasse água na caixa. Para solucionar esse problema foi feita uma nova modelagem da caixa de processamento foi implementada no modelo CPR-03. O teste de integração esta etapa não se mostrou eficiente, visto que o robô não conseguiu alcançar o fundo da piscina devido ao materiais utilizados na parte interna do sistema de filtragem, além do fato da caixa de processamento, localizada dentro do robô, ter gerando uma espécie de bolha d'água interna a carcaça o que impediu de afundar.

O modelo CPR-03, foi construído de forma a garantir a completa inserção do robô na água. Para isso, alterou-se a estrutura do robô e adicionou furos para auxiliar na imersão do mesmo na água. O principal problema identificado no modelo anterior era a caixa de vedação que formava uma bolha d'água interna no modelo. O CPR-03 possui a caixa de vedação externa ao robô de forma a permanecer flutuando na superfície da água

enquanto o robô realiza a limpeza. A idealização deste novo método focou em manter seguro o circuito de controle, bem como também todo o sistema envolvido e evitar o problema encontrado no CPR-02.



Figura 23 – Modelo CPR-03

O modelo CPR-03 foi testado de forma integrada. A caixa de vedação e submersão do robô apresentou resultados positivos, além disso, testou-se o circuito fora da piscina e esse realizou o procedimento de forma adequada. Entretanto, o jato d'água não foi suficiente para permitir a locomoção esperada do robô. Com o teste, percebeu-se que o duto reduz a força do jato d'água de forma significativa. Outra influência deve ser o peso da massa d'água não considerado para a movimentação do robô. Para o CPR-04, haverá algumas alterações de forma a permitir essa locomoção, entre elas a adição de uma bomba auxiliar, entretanto, até a entrega desse relatório, o CPR-04. A equipe espera resolver o problema da locomoção até a apresentação desse projeto.



Figura 24 – CPR-03 em funcionamento

## 4 Considerações Finais

Comparando os objetivos específicos apresentados com o protótipo final, é possível perceber que o CPR atende parcialmente os objetivos. Até o fechamento do presente relatório, o robô é capaz de realizar aspiração automática de resíduos decantados e submergir de forma independente, entretanto, a movimentação está comprometida. Com as alterações realizadas nos modelos desenvolvidos, o protótipo atual, CPR-03, é capaz de submergir sozinho, realizar o acionamento automático das bombas, girar o duto de locomoção de acordo com a programação prévia dos sensores, entretanto, não é capaz de se movimentar ao fundo de piscinas somente com seu próprio sistema de bombeamento de água. Ressalta-se que a equipe espera solucionar esse problema até a apresentação, de forma a atender todos os objetivos específicos definidos inicialmente.

O grupo obteve dificuldades na etapa de integração em realizar os testes por não disponibilidade de piscinas. Como os testes foram realizados na casa de conhecidos, a equipe precisou aguardar protótipos estáveis para realização de testes. O tempo gasto na caixa de vedação e a disponibilidade limitada de acesso às piscinas dificultou a realização dos testes. A equipe mostrou-se determinada a responder as dificuldades, entretanto, cada alteração na estrutura e construção de um novo protótipo gerava tempo com secagem de nova vedação de alguns componentes e uma necessidade de agendamento para uso de uma nova piscina. Além disso, cada problema encontrado nos testes invalidava a continuação do uso do robô. Dessa forma, a equipe apenas conseguia descobrir e atacar um problema por vez. Houve aprendizado e progresso significativo em cada protótipo, entretanto, não houve alcance do produto idealizado.

O time mostrou-se integrado na resolução de problemas. Embora houve dedicação não uniforme entre os membros, todos buscaram solucionar os problemas dos protótipos em tempo hábil para um novo teste. A lógica do robô mostrou-se capaz de utilizar os serviços de sensoriamento, controle dos servos e ativação da bomba. Os demais serviços foram implementados e testados fora do robô, com a finalidade de garantir seu funcionamento no momento do uso. A lógica utiliza as duas centrais de processamento, Arduíno e *Raspberry pi*, com a efetiva comunicação entre eles. A lógica do percurso completo utiliza máquina de estados e a camada de serviço, entretanto, o funcionamento da mesma não foi testado no robô. Os circuitos também foram construídos de forma a atender os protótipos permitindo a comunicação entre *software* e o *hardware*.

O protótipo atual não corresponde ao planejado, entretanto, a equipe centralizou esforços para entrega de um sistema que integrasse todas as engenharias e fosse capaz de realizar o objetivo geral do projeto: limpar piscina. Embora o último protótipo não

atenda o objetivo completo, o mesmo garante a vedação do circuito, isolamentos dos componentes, submersão independente e integração mínima entre trabalhos das diversas engenharias.

## Referências

DATAFOLHA. *Limpeza de piscina tem alta de 2,7%*. 2014. Disponível em: <<http://datafolha.folha.uol.com.br/precos/2014/03/1430663-limpeza-de-piscina-tem-alta-de-27.shtml>>. Citado na página 7.

MIURA, L. T.; JUNIOR, M. Z. F. *Projeto e execução de um aspirador autônomo de piscinas*. São Paulo, 2006. 9 p. Citado na página 7.

ORACLE. *Fusion Middleware Concepts Guide*. 2016. Disponível em: <[http://docs.oracle.com/cd/E12839\\\_\\\_01/core.1111/e10103/intro.htm#ASCON109](http://docs.oracle.com/cd/E12839\_\_01/core.1111/e10103/intro.htm#ASCON109)>. Citado na página 21.

PORTAL FATOR BRASIL. *Faturamento do mercado de piscinas deve chegar a R\$ 4,5 bilhões em 2013apartamentos em santos*. 2013. Disponível em: <[http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver\\\_noticia.php?not=241363](http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver\_noticia.php?not=241363)>. Citado na página 7.